

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. Mai 2002 (30.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/43243 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H03H 9/58**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/12825

NESSLER, Winfried [AT/DE]; Ulrich von Hutten-  
strasse 24, 81739 München (DE). ELBRECHT, Lüder  
[DE/DE]; Theodor-Dombart-Strasse 1, 80805 München  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. November 2001 (06.11.2001)

(74) Anwälte: GINZEL, Christian usw.; Zimmermann &  
Partner, Postfach 330 920, 80069 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
100 58 339.3 24. November 2000 (24.11.2000) DE

**Veröffentlicht:**

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US*): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

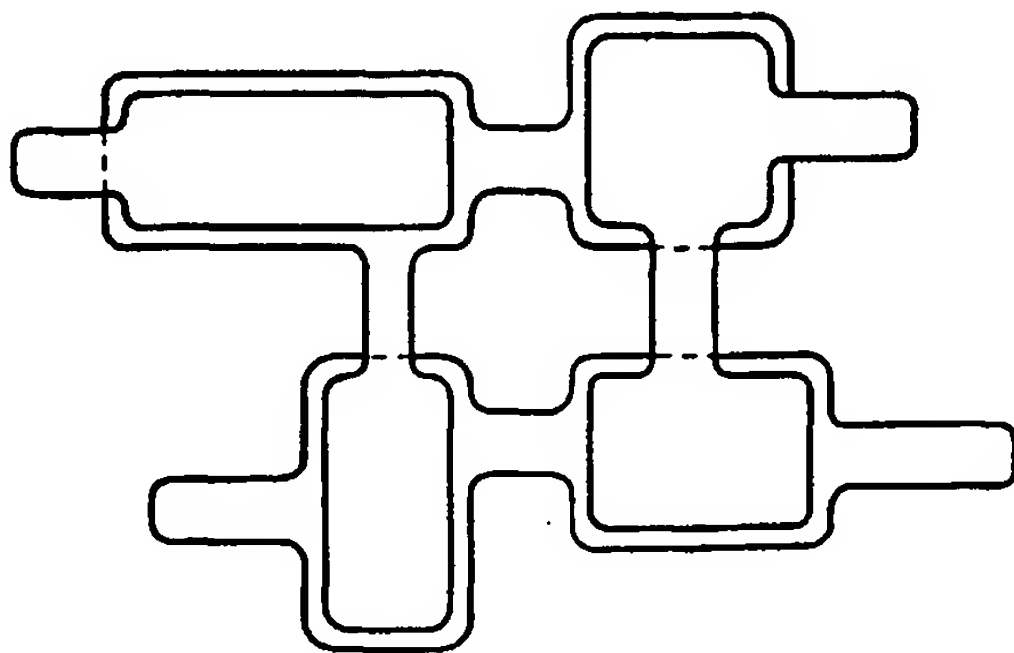
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): AIGNER,  
Robert [AT/DE]; Einsteinstr. 104/8-13, 81675  
München (DE). MARKSTEINER, Stephan [AT/DE];  
Cramer-Klett-Strasse 33, 85579 Neubiberg (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: BULK ACOUSTIC WAVE FILTER

(54) Bezeichnung: BULK-ACOUSTIC-WAVE-FILTER



(57) Abstract: The invention relates to bulk acoustic wave  
filters comprising at least two bulk acoustic wave resonators,  
each of these comprising at least one first electrode, a piezo-  
electric layer and a second electrode. At least two of the bulk  
acoustic wave resonators have effective resonator surfaces  
which differ in their surface form and/or surface content.  
The inventive design of the bulk acoustic wave resonators  
enables optimal suppression of interference modes without  
influencing the impedance level of the filter.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben werden  
Bulk-Acoustic-Wave-Filter mit wenigstens zwei  
Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, wobei jeder  
Bulk-Acoustic-Wave-Resonator wenigstens eine erste

Elektrode, eine piezoelektrische Schicht und eine zweite Elektrode umfasst. Wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren  
weisen effektive Resonatorflächen auf, die sich in Flächenform und/oder Flächeninhalt unterscheiden. Durch die beschriebene  
Gestaltung der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren lassen sich Störmoden optimal unterdrücken, ohne dass dabei das Impedanzniveau  
des Filters beeinflusst wird.

WO 02/43243 A1

## Beschreibung

## Bulk-Acoustic-Wave-Filter

5

Die Erfindung betrifft Bulk-Acoustic-Wave-Filter.

Elektrische Filter, die aus Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren oder Stacked-Crystal-Filter aufgebaut sind, werden üblicherweise als Bulk-Acoustic-Wave-Filter bezeichnet.

Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren bestehen typischerweise aus zwei Elektroden und einer piezoelektrischen Schicht, die zwischen den beiden Elektroden angeordnet ist. Ein solcher Stapel aus Elektrode 1 / Piezoschicht / Elektrode 2 wird auf einem Träger angeordnet, der die akustische Welle reflektiert (M. Kenneth, G. R. Kline, K. T. McCarron, High-Q Microwave Acoustic Resonators and Filters, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 41, No. 12, 1993).

Die Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch einen Bulk-Acoustic-Wave-Resonator. Grundsätzlich wäre die Verwendung einer Konfiguration ausschließlich bestehend aus Elektrode 1 / Piezoschicht 3 / Elektrode 2 erstrebenswert. Allerdings weist eine solche Anordnung eine zu geringe Stabilität auf. Daher wird die Anordnung auf ein Substrat 4 aufgebracht, was aber mit dem Nachteil verbunden ist, dass die Schallwellen in das Substrat 4 eindringen und dadurch Störungen verursacht werden. Das Substrat 4 sollte also neben einer mechanischen Trägerfunktion gleichzeitig eine möglichst gute akustische Isolation bereitstellen. Die Figur 1 zeigt einen akustischen Spiegel, der aus einem Substrat 4 und einer Abfolge von zwei low-Z- 5 und zwei high-Z- 6 Schichten besteht.

35

Stacked-Crystal-Filter bestehen im allgemeinen aus zwei piezoelektrischen Schichten und drei Elektroden. Diese

insgesamt fünf Elemente bilden eine Sandwich-Struktur, wobei jeweils eine piezoelektrische Schicht zwischen zwei Elektroden angeordnet ist. Die mittlere der drei Elektroden wird dabei in der Regel als Erdungselektrode verwendet.

5

Die Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch einen Stacked-Crystal-Filter. Der Stacked-Crystal-Filter besteht aus einem Substrat 7, einer Membran 8, einer ersten, unteren Elektrode 9, einer ersten, unteren piezoelektrischen Schicht 10, einer  
10 zweiten, oberen piezoelektrischen Schicht 11, einer zweiten mittleren Elektrode 12 und einer dritten, oberen Elektrode 13. Die mittlere Elektrode 12 ist über einem Teil der unteren piezoelektrischen Schicht 10 und der Membran 8 angeordnet, die obere piezoelektrische Schicht 11 ist über Teilen der  
15 mittleren Elektrode 12 und der unteren piezoelektrischen Schicht 10 angeordnet und die dritte, obere Elektrode 13 ist über der oberen piezoelektrischen Schicht 11 angeordnet. Die zweite Elektrode 12 dient als Erdungselektrode. Das Substrat 7 weist einen Hohlraum 14 auf, der dazu dient, die  
20 akustischen Schwingungen der piezoelektrischen Schichten zu reflektieren.

Die Reflexion der akustischen Schwingungen wird somit entweder mit Hilfe eines akustischen Spiegels oder mit Hilfe  
25 eines Hohlraums erreicht. Ein akustischer Spiegel wurde oben im Zusammenhang mit einem Bulk-Acoustic-Wave-Resonator beschrieben, während die Reflexion der akustischen Schwingungen durch einen Hohlraum für einen Stacked-Crystal-Filter gezeigt wurde. Selbstverständlich ist aber auch die  
30 umgekehrte Kombination möglich, also ein Bulk-Acoustic-Wave-Resonator mit einem Hohlraum im Substrat genauso wie ein Stacked-Crystal-Filter mit einem akustischen Spiegel.

Die piezoelektrischen Schichten sind in der Regel aus  
35 Aluminiumnitrid aufgebaut. Als Material für die Elektroden werden häufig Aluminium, Aluminium-enthaltende Legierungen, Wolfram, Molybdän oder Platin verwendet. Als Substratmaterial

kann z.B. Silizium, Galliumarsenid, Glas oder eine Folie verwendet werden.

Wie oben bereits erläutert weist jeder Bulk-Acoustic-Wave-Resonator oder Stacked-Crystal-Filter wenigstens zwei Elektroden auf. Die Figur 3 zeigt eine Aufsicht auf zwei übereinander gelagerte Elektroden, nämlich eine untere Elektrode 15 und eine obere Elektrode 16. Die beiden Elektroden können jede beliebige geometrische Form aufweisen. Als "effektive Resonatorfläche" wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Fläche der Elektroden bezeichnet, die sich bei einer Projektion der beiden Elektroden in eine Ebene als der überlappende Bereich der Elektroden ergibt. Die effektive Resonatorfläche der Elektroden 15 und 16 ist in Fig. 3 schraffiert dargestellt. Aufgrund der grundsätzlich beliebigen Form der Elektroden 15 und 16 ergibt sich für die effektive Resonatorfläche eine beliebig geformte ebene Fläche.

Jeder Bulk-Acoustic-Wave-Resonator weist somit eine bestimmte effektive Resonatorfläche auf, die durch ihre geometrische Form und durch ihren Flächeninhalt gekennzeichnet ist. Zwei Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren mit unterschiedlicher effektiver Resonatorfläche können sich also grundsätzlich in der Flächenform der effektiven Resonatorfläche und/oder im Flächeninhalt der effektiven Resonatorfläche unterscheiden.

Ein Bulk-Acoustic-Wave-Filter setzt sich aus einer Mehrzahl von parallel bzw. in Reihe geschalteten Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren oder Stacked-Crystal-Filter zusammen. Im folgenden wird der Begriff "Bulk-Acoustic-Wave-Resonator" synonym für die beiden, in den Figuren 1 und 2 gezeigten, Vorrichtungen, nämlich Bulk-Acoustic-Wave-Resonator und Stacked-Crystal-Filter, gebraucht.

Das Design der Bulk-Acoustic-Wave-Filter wird in der Regel derart gestaltet, dass die in Serie geschalteten Resonatoren eine serielle Resonanz aufweisen, deren Frequenz möglichst genau der gewünschten Frequenz des Filters entspricht, während entsprechend die parallel geschalteten Resonatoren eine parallele Resonanz aufweisen, deren Frequenz ebenfalls möglichst genau der gewünschten Frequenz des Filters entspricht.

10 Eine besondere Problematik bei der Verwendung von Bulk-Acoustic-Wave-Filtern stellen die Störmoden der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, aus denen die Filter aufgebaut sind, dar. Diese Störmoden führen zu Störspitzen in der elektrischen Impedanzkurve der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, die sich in weiterer Folge auch auf den Durchlassbereich der Filter nachteilig auswirkt. Vor allem wird das Stehwellenverhältnis verschlechtert bzw. die Phasenkurve der Filter verzerrt, wodurch z.B. in Receiver-Frontends die Bedingung konstanter Gruppenlaufzeit innerhalb  
20 eines Sendekanals verletzt wird.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ansätze bekannt, mit denen eine Unterdrückung der Störmoden versucht wird. Die US 5,903,087 offenbart Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, deren Elektroden an den Rändern nicht geglättet sind, sondern vielmehr in Form eines Zufallsmusters angeraute Ränder aufweisen, wobei die Rauigkeit ungefähr die Dimension der Wellenlängen der Störmoden aufweist. Die Störmoden werden dadurch unterdrückt und sind in der Impedanzkurve weniger sichtbar. Allerdings treten bei diesem Verfahren starke Energieverluste auf, die sich auf die Güte der Hauptresonanzen auswirken.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Bulk-Acoustic-Wave-Filter zur Verfügung zu stellen, bei denen die Störmoden gedämpft werden, aber gleichzeitig

die Nutzfrequenz nur unwesentlich oder überhaupt nicht beeinflusst wird.

Diese Aufgabe wird durch den Bulk-Acoustic-Wave-Filter gemäß unabhängigem Patentanspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen, Ausgestaltungen und Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen, der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

10

Der erfindungsgemäße Bulk-Acoustic-Wave-Filter umfasst wenigstens zwei Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, wobei jeder Bulk-Acoustic-Wave-Resonator wenigstens eine erste Elektrode, eine piezoelektrische Schicht und eine zweite Elektrode umfasst. Wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren weisen effektive Resonatorflächen auf, die sich in Flächenform und/oder Flächeninhalt unterscheiden. Durch diese Gestaltung der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren lassen sich Störmoden optimal unterdrücken, ohne dass dabei das Impedanzniveau des Filter beeinflusst wird.

20

Da jeder Resonator andere Störmodenfrequenzen aufweist, kommt es durch die Verschaltung im Filter zu einem Mittelungseffekt. Dadurch macht sich die einzelne Störmode im Filterresponse im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Bulk-Acoustic-Wave-Filtern mit Resonatoren gleicher Fläche nicht so stark bemerkbar. Allerdings beeinflussen unterschiedliche Flächeninhalte der effektiven Resonatorflächen auch das Impedanzniveau der Resonatoren. Sie sind daher durch Impedanzanpassbedingungen im Filter in einem gewissen Rahmen festgelegt.

30

Sämtliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beruhen also darauf, dass nicht versucht wird, den einzelnen Bulk-Acoustic-Wave-Resonator störmodenfrei zu machen, was technisch schwierig ist und möglicherweise Resonator-Performance kostet, sondern darauf, dass erst mit der

35



Verschaltung im Filter eine Verwaschung von vielen Störmoden bei unterschiedlichen Frequenzen eintritt und damit die Transmissionsfunktion des Filters den erwünschten glatten Verlauf erhält.

5

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren des Bulk-Acoustic-Wave-Filters effektive Resonatorflächen auf, die sich in Flächenform und/oder Flächeninhalt unterscheiden.

10

Dadurch können Störmoden noch stärker unterdrückt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren eine effektive Resonatorfläche mit

15

unterschiedlichem Aspektverhältnis auf. Das Aspektverhältnis beeinflusst die Lage der Störmoden in ähnlicher Weise wie sie durch den Flächeninhalt der effektiven Resonatorflächen der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren beeinflusst wird, verändert aber das Impedanzniveau nicht. Die Störmoden werden somit

20

wirkungsvoll unterdrückt, wobei gleichzeitig die Nutzresonanz unverändert bleibt.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform, bei der alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive

25

Resonatorflächen mit unterschiedlichen Aspekt-Verhältnissen aufweisen. Dadurch können Störmoden noch stärker unterdrückt werden.

Ebenfalls bevorzugt wird eine Ausführungsform der

30

vorliegenden Erfindung gemäß der wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen mit einer nicht-rechtwinkligen Form aufweisen. Unter einer nicht-rechtwinkligen Form der effektiven Resonatorfläche eines Bulk-Acoustic-Wave-Resonators wird eine Form verstanden, bei

35

der die Winkel zwischen den Begrenzungslinien der effektiven Resonatorfläche ungleich  $90^\circ$  sind. Durch diese Ausgestaltung

der Resonatoren gelingt eine gute Unterdrückung der Störmoden.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform, bei der  
5 alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen mit einer nicht-rechtwinkligen Form aufweisen. Dadurch können Störmoden noch stärker unterdrückt werden.

10 Beste Resultate lassen sich mit Bulk-Acoustic-Wave-Filtern erzielen, bei denen wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen mit unterschiedlichem Flächeninhalt und gleichzeitig unterschiedlichem Aspektverhältnis aufweisen. Durch passende  
15 Wahl des Flächeninhalts der effektiven Resonatorfläche und gleichzeitige Variation des Aspektverhältnisses der effektiven Resonatorfläche lassen sich sowohl Impedanzanpassungsbedingungen erfüllen als auch Störmoden optimal unterdrücken.

20 Eine weitere Verbesserung wird mit Ausführungsformen erzielt, bei denen alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen mit unterschiedlichen Flächeninhalten und unterschiedlichen Aspektverhältnissen  
25 aufweisen. Dadurch können Störmoden noch stärker unterdrückt werden.

Ebenfalls bevorzugt werden Bulk-Acoustic-Wave-Filter, wobei wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren eine  
30 effektive Resonatorfläche mit unterschiedlichem Aspektverhältnis und gleichzeitig nicht-rechtwinkliger Form aufweisen.

Besonders bevorzugt werden Ausführungsformen, bei denen  
35 alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen mit unterschiedlichen Aspektverhältnissen



und nicht-rechtwinkliger Form aufweisen. Dadurch können Störmoden noch stärker unterdrückt werden.

Besonders bevorzugt werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, gemäß denen wenigstens zwei Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren eines Bulk-Acoustic-Wave-Filters eine effektive Resonatorfläche mit unterschiedlichem Flächeninhalt, unterschiedlichen Aspektverhältnis und nicht-rechtwinkliger Form aufweisen.

10

Ebenfalls besonders bevorzugt werden Ausführungsformen, bei denen alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen mit unterschiedlichen Flächeninhalten, unterschiedlichen Aspektverhältnissen und nicht-rechtwinkliger Form aufweisen. Dadurch können Störmoden noch stärker unterdrückt werden.

15

Besonders gute Störmodenunterdrückung wird erreicht, wenn das Aspektverhältnis der effektiven Resonatorflächen der erfindungsgemäßen Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren zwischen 1:1 und 1:5 liegt, insbesondere zwischen 1:1.5 und 1:3.

20

Weisen die effektiven Resonatorflächen der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren unterschiedlichen Flächeninhalt auf, so wird bevorzugt, dass sich der Flächeninhalt der effektiven Resonatorflächen um wenigstens 5 % voneinander unterscheidet, insbesondere um wenigstens 10 %. Ganz besonders bevorzugt wird, dass sich der Flächeninhalt der effektiven Resonatorflächen um wenigstens 20 % voneinander unterscheidet, insbesondere um wenigstens 50 %.

30

Die Bulk-Acoustic-Wave-Filter werden durch Verschaltung von Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren hergestellt. Das Prinzip, den Flächeninhalt der effektiven Resonatorfläche, das Aspektverhältnis der effektiven Resonatorfläche und/oder den Winkel zwischen den Begrenzungslinien der effektiven Resonatorflächen zu variieren, um Störmoden im Filterresponse

35

zu unterdrücken, lässt sich auf jede Filtertopologie anwenden. Gemäß besonders bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erfolgt die Verschaltung in Form eines  $1\frac{1}{2}$ -stufigen Leiterfilters, in Form eines 2-stufigen  
5 Leiterfilters, in Form eines  $2\frac{1}{2}$ -stufigen Leiterfilters, in Form eines 3-stufigen Leiterfilters oder in Form eines  $3\frac{1}{2}$ -stufigen Leiterfilters, wobei 3, 4, 5, 6 oder 7 Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren verschaltet werden.

10 Ebenfalls bevorzugt wird die Verschaltung der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren zu einem Bulk-Acoustic-Wave-Filter in Form eines 1-stufigen balanced Filters, in Form eines 2-stufigen balanced Filters oder in Form eines 3-stufigen balanced Filters. Es werden in diesem Fall 4, 8 oder 12 Bulk-  
15 Acoustic-Wave-Resonatoren verschaltet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 8 näher dargestellt. Es zeigen:

- 20 Fig. 1 einen aus dem Stand der Technik bekannten Bulk-Acoustic-Wave-Resonator;
- Fig. 2 einen aus dem Stand der Technik bekannten Stacked-Crystal-Filter;
- 25 Fig. 3 zwei übereinandergelagerte Elektroden und deren effektive Resonatorfläche;
- Fig. 4 einen aus dem Stand der Technik bekannten 2-  
30 stufigen Leiterfilter;
- Fig. 5 einen erfindungsgemäßen 2-stufigen Leiterfilter aufgebaut aus Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren mit unterschiedlichem  
35 Flächeninhalt der effektiven Resonatorflächen;

10

Fig. 6 einen erfindungsgemäßen 2-stufigen  
Leiterfilter aufgebaut aus Bulk-Acoustic-  
Wave-Resonatoren mit unterschiedlichem  
Aspektverhältnis der effektiven  
5 Resonatorflächen;

Fig. 7 Auftragung (schematisch) des Streuparameters  
von Eingang zu Ausgang ( $S_{12}$ ) gegen die  
Frequenz für einen 3-stufigen Leiterfilter  
10 mit 6 identischen quadratischen  
Einzelresonatoren (Stand der Technik);

Fig. 8 Auftragung (schematisch) des Streuparameters  
von Eingang zu Ausgang ( $S_{12}$ ) gegen die  
15 Frequenz für einen 3-stufigen Leiterfilter  
mit 6 Einzelresonatoren mit unterschiedlichen  
Aspektverhältnissen der effektiven  
Resonatorflächen (Erfindung).

20 Fig. 4 zeigt einen aus dem Stand der Technik bekannten  
2-stufigen Leiterfilter mit 4 gleich großen quadratischen  
Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, die eine identische effektive  
Resonatorfläche aufweisen. Die Störmoden jedes  
Einzelresonators treten an den gleichen Frequenzstellen auf  
25 und sind entsprechend im elektrischen Response des Filters zu  
finden.

Fig. 5 zeigt einen 2-stufigen Leiterfilter mit 4 Bulk-  
Acoustic-Wave-Resonatoren mit effektiven Resonatorflächen,  
30 die unterschiedliche Flächeninhalte aufweisen. Jeder  
Resonator hat unterschiedliche Störmodenfrequenzen. Durch die  
Verschaltung im Filter kommt es zu einem Mittelungseffekt,  
wodurch sich die einzelne Störmode im Filterresponse im  
Vergleich zu der in Fig. 4 gezeigten Ausführungform des  
35 Standes der Technik nicht so stark bemerkbar macht.

Fig. 6 zeigt einen 2-stufigen Leiterfilter mit 4 Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren mit effektiven Resonatorflächen, die zwar gleichen Flächeninhalt, aber unterschiedliche Aspektverhältnisse aufweisen. Das Aspektverhältnis beeinflusst die Lage der Störmoden in ähnlicher Weise wie bei der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform, wobei aber gleichzeitig das Impedanzniveau des Filters unverändert bleibt.

Die Figuren 7 und 8 zeigen jeweils eine schematische Auftragung des Streuparameters von Eingang zu Ausgang  $S_{12}$  in logarithmischer Skala gegen die Frequenz für einen 3-stufigen Leiterfilter mit 6 Einzelresonatoren. Zur Bestimmung von  $S_{12}$  wurde in bekannter Weise durch einen Frequenzanalysator die Streumatrix des Leiterfilters ermittelt.

In der Fig. 7 ist die Kennlinie eines aus dem Stand der Technik bekannten Leiterfilters, der aus 6 gleichen quadratischen Einzelresonatoren mit identischen effektiven Resonatorflächen besteht, dargestellt. Die Kennlinie zeigt ein "Rauschen" im Passband, das von spurious modes der Einzelresonatoren verursacht ist.

In der Fig. 8 ist die Kennlinie eines Leiterfilters gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt, der die gleiche Topologie aufweist wie der Leiterfilter, dessen Kennlinie in Fig. 7 dargestellt ist, allerdings weisen die effektiven Resonatorflächen der 6 Einzelresonatoren unterschiedliche Aspektverhältnisse auf. Das Rauschen im Passband mittelt sich aus der Kurve heraus, da die spurious modes der Einzelresonatoren an verschiedenen Frequenzpunkten auftreten.

Ähnliche Ergebnisse liefert ein Vergleich von einerseits Filtern mit Einzelresonatoren mit quadratischen effektiven Resonatorflächen und andererseits Filtern, bei denen die effektiven Resonatorflächen der Einzelresonatoren nicht rechtwinklige Form aufweisen (Winkel zwischen den

Begrenzungslinien der effektiven Resonatorflächen der Einzelresonatoren ungleich  $90^\circ$ ). Hier wird ein deutlich geringeres Rauschen im Passband für den Filter festgestellt, dessen Einzelresonatoren effektive Resonatorflächen mit

5 nicht-rechtwinkliger Form aufweisen.

## Patentansprüche

1. Bulk-Acoustic-Wave-Filter umfassend wenigstens zwei Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren, wobei jeder Bulk-Acoustic-Wave-Resonator wenigstens eine erste Elektrode, eine piezoelektrische Schicht und eine zweite Elektrode umfasst,  
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen aufweisen, die sich in Flächenform und/oder Flächeninhalt unterscheiden.
2. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass alle Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren effektive Resonatorflächen aufweisen, die sich in Flächenform und/oder Flächeninhalt unterscheiden.
3. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass die effektiven Resonatorflächen von wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren ein unterschiedliches Aspektverhältnis aufweisen.
4. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass die effektiven Resonatorflächen aller Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren unterschiedliche Aspektverhältnisse aufweisen.
5. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die effektiven Resonatorflächen von wenigstens zwei der Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren eine nicht-rechtwinklige Form aufweisen.



6. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach Anspruch 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
die effektiven Resonatorflächen aller Bulk-Acoustic-Wave-  
Resonatoren eine nicht-rechtwinklige Form aufweisen.
- 5
7. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach einem der Ansprüche 3 bis  
6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
das Aspekt-Verhältnis der effektiven Resonatorflächen  
zwischen 1:1 und 1:5 liegt.
- 10
8. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
das Aspekt-Verhältnis der effektiven Resonatorflächen  
zwischen 1:1.5 und 1:3 liegt.
- 15
9. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
sich der Flächeninhalt der effektiven Resonatorflächen um  
wenigstens 5 % voneinander unterscheidet, insbesondere um  
wenigstens 10 %.
- 20
10. Bulk-Acoustic-Wave-Filter Anspruch 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
sich der Flächeninhalt der effektiven Resonatorflächen um  
wenigstens 20 % voneinander unterscheidet, insbesondere um  
wenigstens 50 %.
- 25
11. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
die Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren in Form eines 1½-  
stufigen Leiterfilters, in Form eines 2-stufigen  
Leiterfilters, in Form eines 2½-stufigen Leiterfilters, in  
Form eines 3-stufigen Leiterfilters oder in Form eines 3½-  
stufigen Leiterfilters verschaltet sind.
- 30
- 35

12. Bulk-Acoustic-Wave-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis  
10,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
5 die Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren in Form eines 1-  
stufigen balanced Filters, in Form eines 2-stufigen  
balanced Filters oder in Form eines 3-stufigen balanced  
Filters verschaltet sind.

1/4

FIG 1

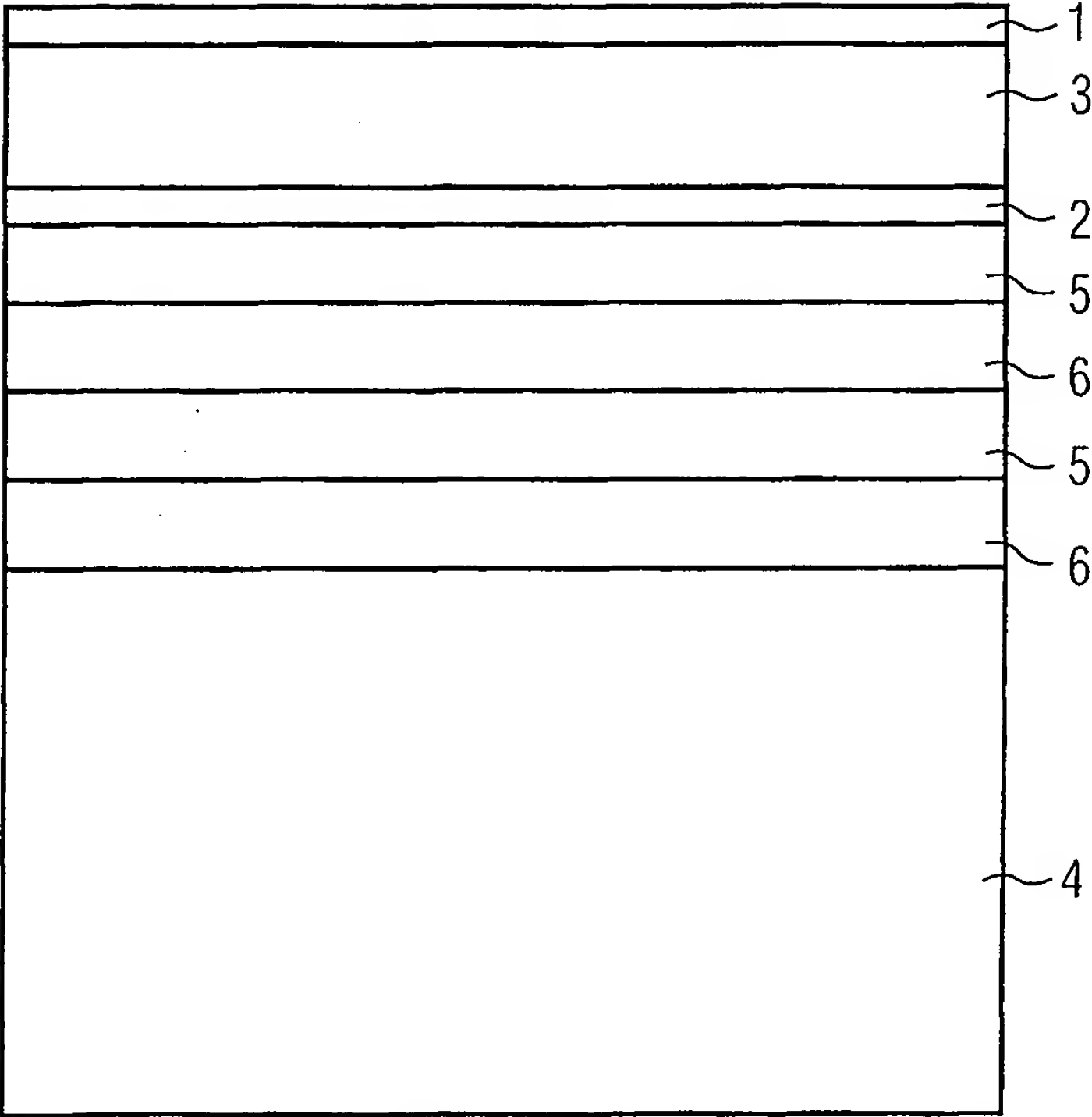


FIG 2

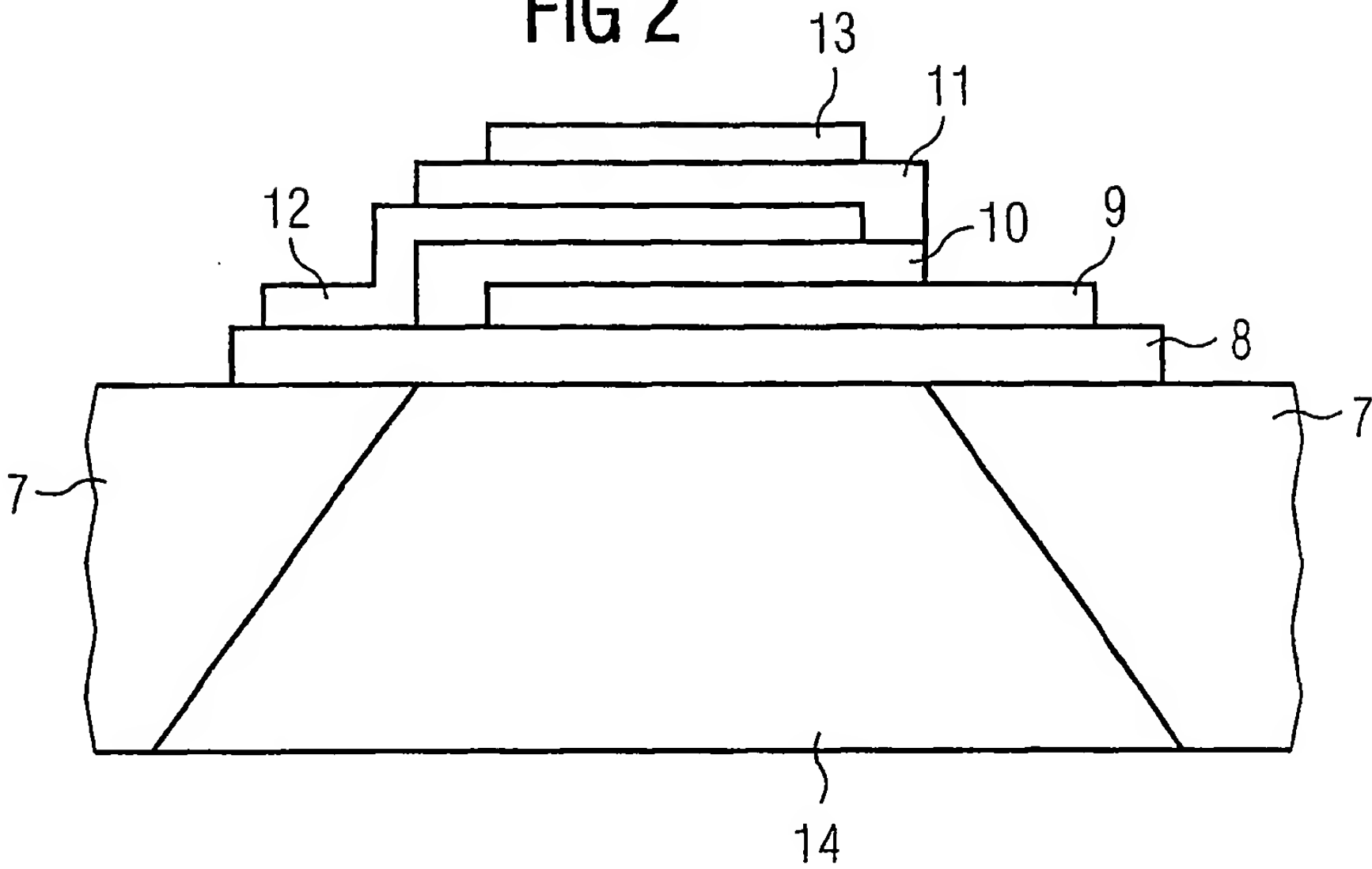
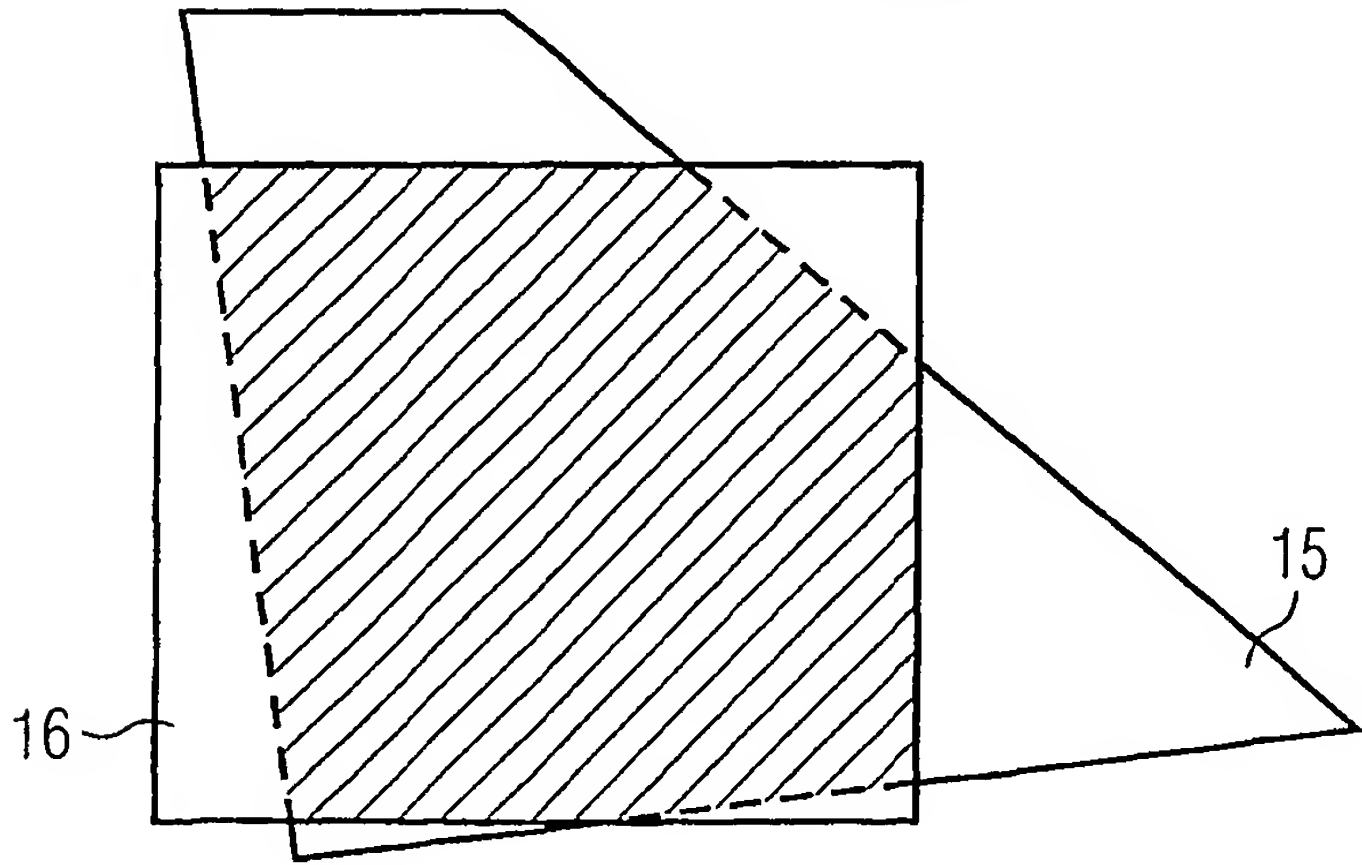


FIG 3



3/4

FIG 4

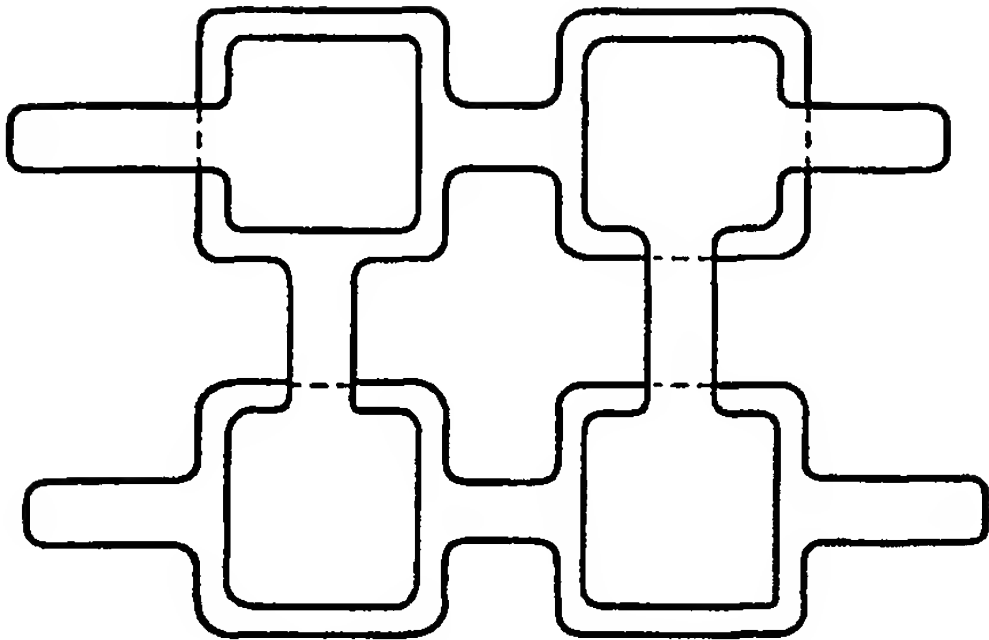


FIG 5

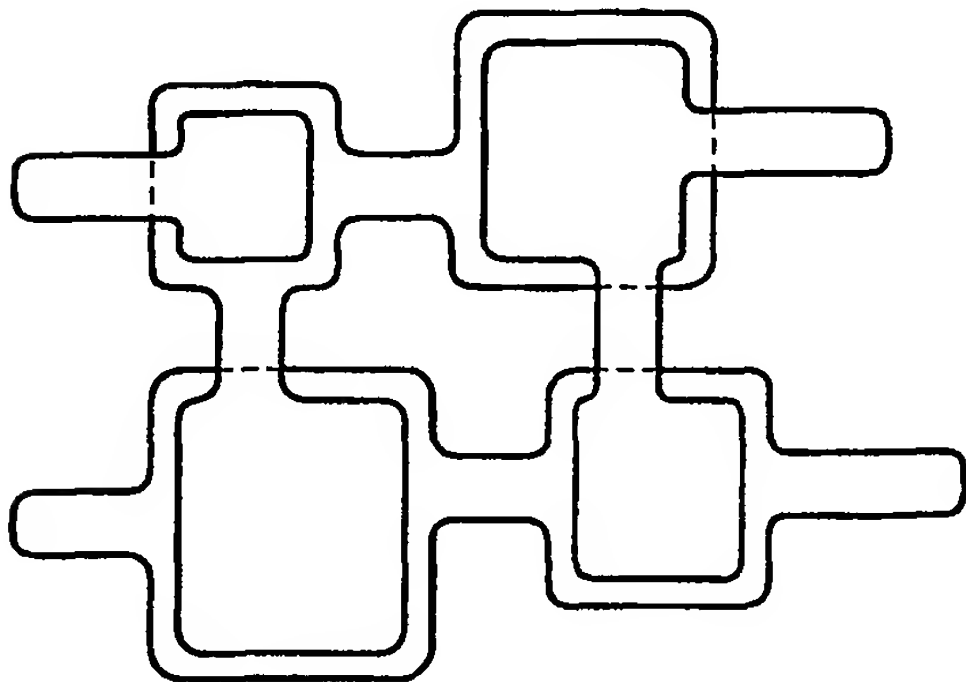


FIG 6

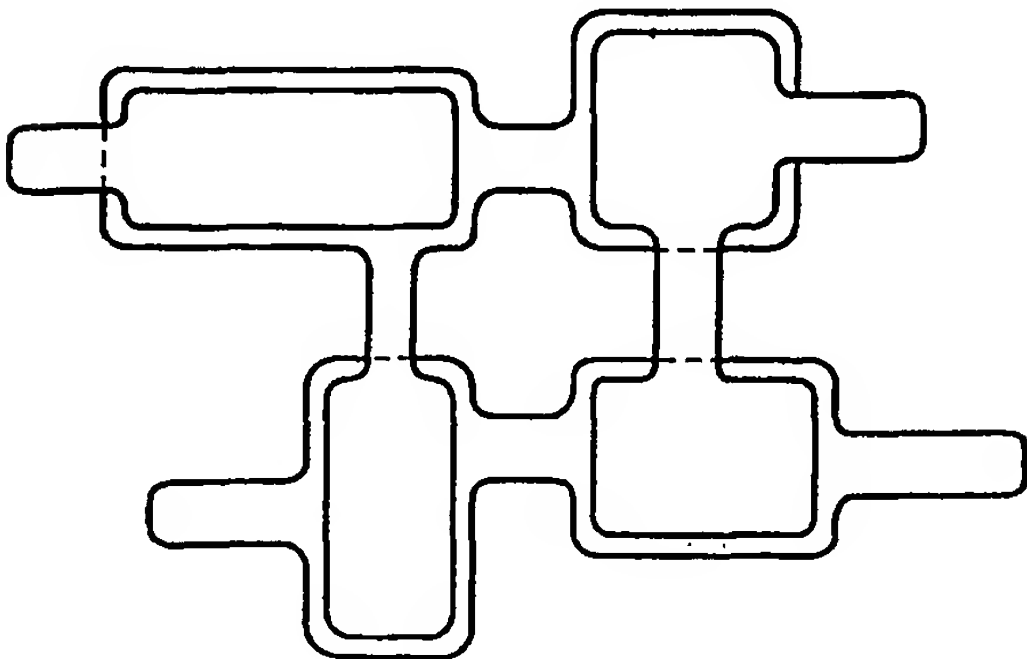


FIG 7

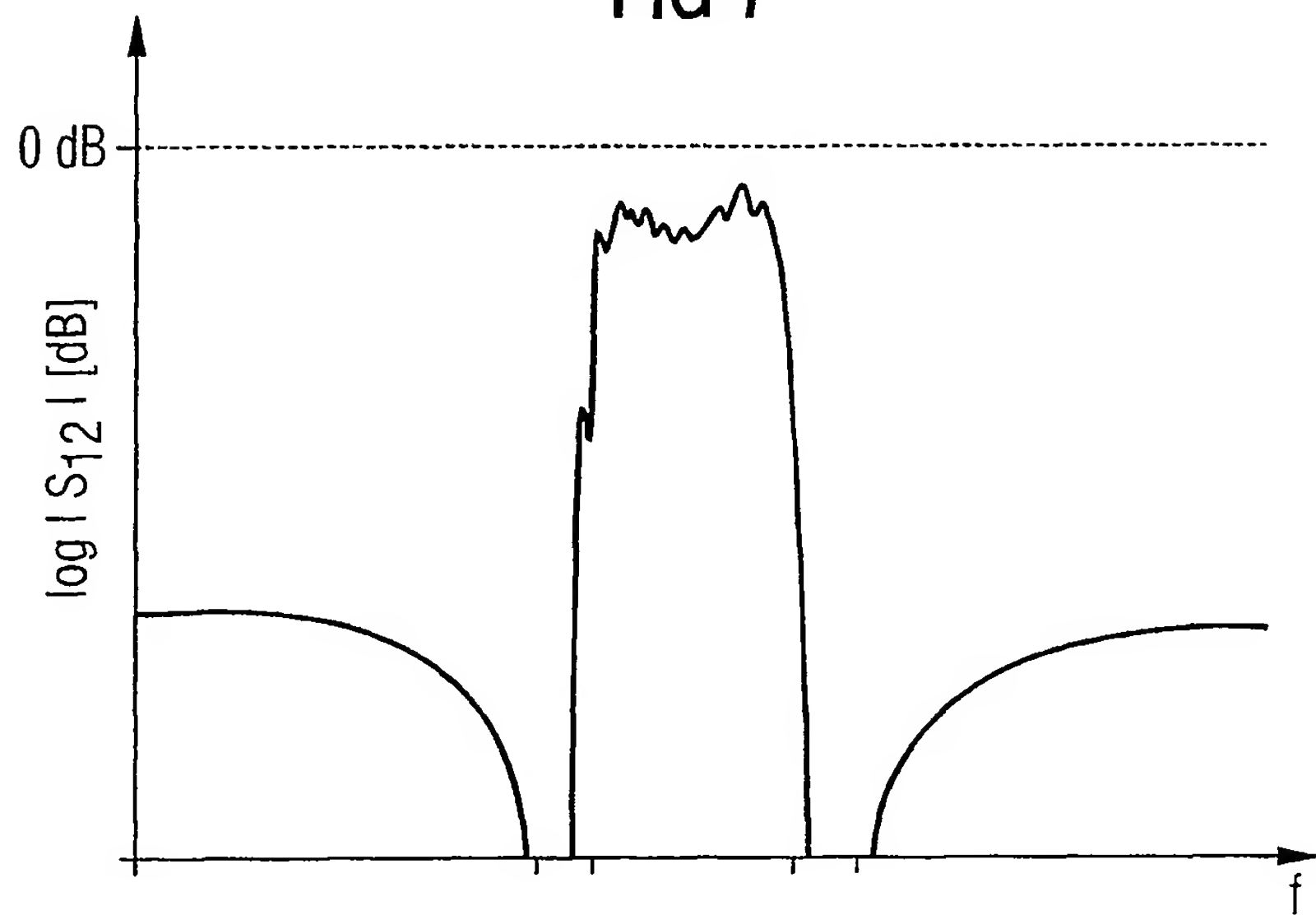
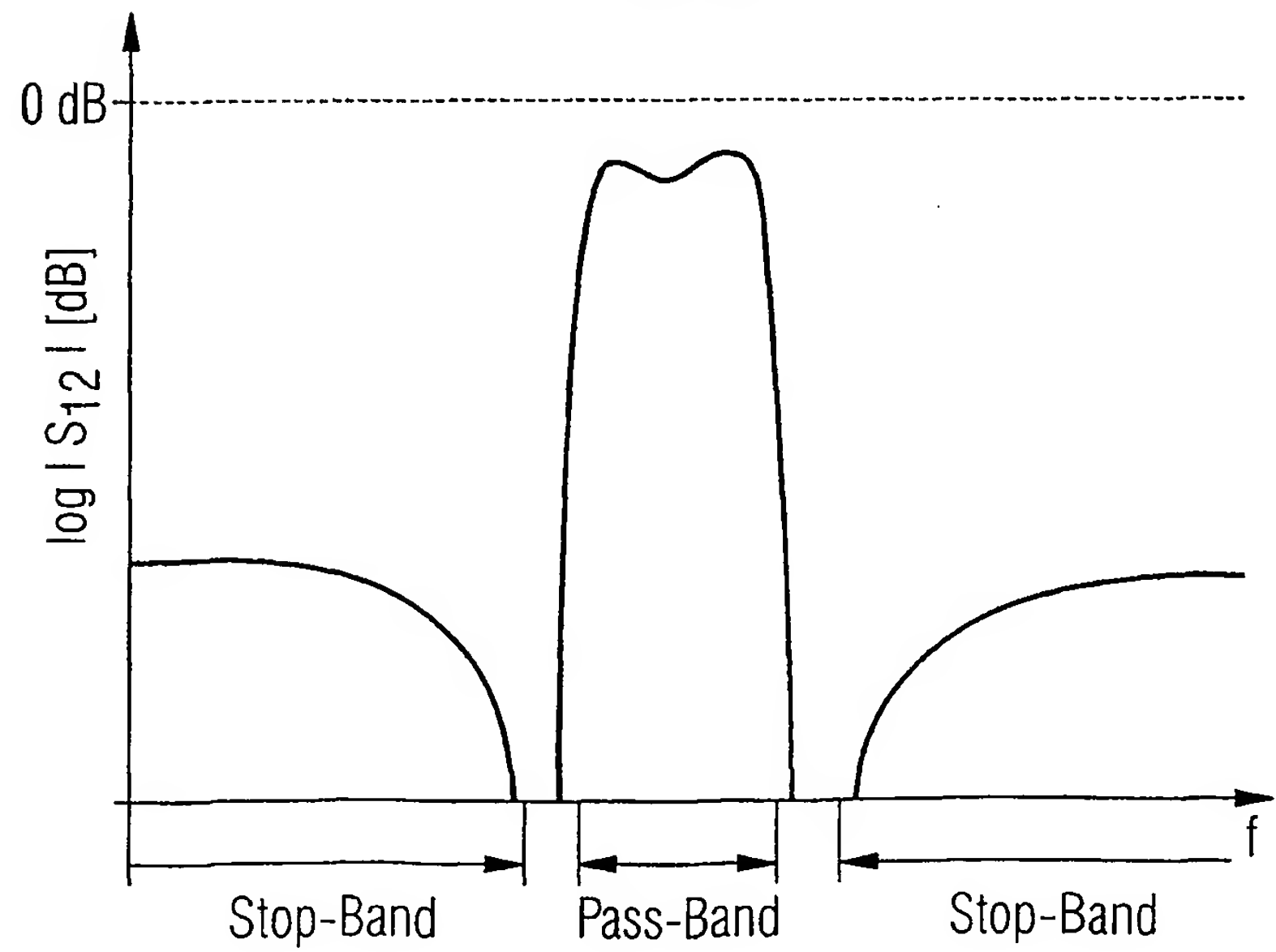


FIG 8





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/12825A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H03H9/58

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 572 173 A (OGAWA TATSUO ET AL) 5 November 1996 (1996-11-05)	1-3,7,8
A	column 4, line 59 -column 5, line 28; figures 4-6	4,9,10
A	----- US 4 317 093 A (LUNGO ANTONIO) 23 February 1982 (1982-02-23) column 2, line 35,36 claim 35 -----	4,5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

10 April 2002

Date of mailing of the International search report

19/04/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coppieters, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/12825

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5572173	A	05-11-1996	JP	7226651 A	22-08-1995
			JP	7226652 A	22-08-1995
<hr/>					
US 4317093	A	23-02-1982	CA	1153077 A1	30-08-1983
			JP	55137712 A	27-10-1980
<hr/>					

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/12825

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H03H9/58

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 572 173 A (OGAWA TATSUO ET AL) 5. November 1996 (1996-11-05)	1-3, 7, 8
A	Spalte 4, Zeile 59 - Spalte 5, Zeile 28; Abbildungen 4-6	4, 9, 10
A	US 4 317 093 A (LUNGO ANTONIO) 23. Februar 1982 (1982-02-23) Spalte 2, Zeile 35, 36 Anspruch 35	4, 5



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. April 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/04/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coppieters, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/12825

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5572173	A	05-11-1996	JP	7226651 A		22-08-1995
			JP	7226652 A		22-08-1995
-----						
US 4317093	A	23-02-1982	CA	1153077 A1		30-08-1983
			JP	55137712 A		27-10-1980
-----						